

高等学校教材

画法几何及 水利工程制图

(第二版)

华东水利学院工程制图教研组 编

方庆 徐约素 主编

高等教育出版社

高等学校教材

画法几何及水利工程制图

(第二版)

华东水利学院工程制图教研组 编

方 庆 徐约素 主编

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是根据 1980 年 5 月高等学校工科制图教材编审委员会审订的土建、水利类《画法几何及工程制图教学大纲(草案)》，在总结 1978 年第一版《水利工程制图》的基础上修订而成的，并将书名改为《画法几何及水利工程制图》。

本书包括画法几何及专业制图两大部分，共 20 章。着重加强了基本理论，注意了画法几何的科学性、系统性及逻辑性。保持了第一版从感性入手，理论联系实际的特点。水利工程图例作了充实和调整，增加了船闸及水电站厂房图。公差配合采用了新的标准。新增加了计算机绘图简介、房屋建筑图及计算图等章。

本书经高等学校工科制图教材编审委员会委托大连工学院张述庆同志及清华大学石光源、邵钟霞同志审阅，并在 1982 年 6 月召开的编审委员会昆明会议上复审通过，作为教材出版。

本书可供水利类专业使用，亦可供有关工程技术人员参考。与本书配套的有《画法几何及水利工程制图习题集》，可供选用。

本书原由人民教育出版社出版。1983 年 3 月 9 日，上级同意恢复“高等教育出版社”。本书今后改用高等教育出版社名义继续印行。

高 等 学 校 教 材 画法几何及水利工程制图 (第 二 版)

华东水利学院工程制图教研组 编

方 庆 徐约素 主编

*

高等教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

上海中华印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 20.75 插页 4 字数 472,000

1978 年 3 月第 1 版 1982 年 12 月第 2 版 1984 年 2 月第 2 次印刷

印数 10,501—18,500

书号 15010·0444 定价 2.25 元

第二版序

本书是根据 1980 年 5 月高等学校工科制图教材编审委员会审订的土建、水利类《画法几何及工程制图教学大纲(草案)》，在总结 1978 年第一版《水利工程制图》的基础上修订而成的，并将书名改为《画法几何及水利工程制图》。

本书包括画法几何及制图两大部分。画法几何部分包括投影的基本知识、点、直线、平面及平面立体、直线与平面及两平面的相对位置、投影变换、曲线和曲面、平面与立体相交及直线与立体相交、立体表面相交、立体表面的展开、轴测投影、标高投影等章；制图部分包括制图基本知识、投影制图、水利工程图、钢筋混凝土结构图、房屋建筑图、机械制图、计算机绘图简介、计算图等章。因各校教学体系的安排不同，考虑到通用性与灵活性，本书将画法几何部分集中编排。使用时，画法几何与制图基本部分可以穿插进行，制图基本知识、投影变换、轴测投影及投影制图等章可以分散或穿插到其它章节中进行教学。书中还有少数超过大纲要求的内容，采用小字排印，在目录中标有*号，可供读者参考。

本书保持了第一版从感性入手，理论联系实际的特点，在投影基本知识部分就引入物体的三面正投影图，采用了一些工程形体图例，并在与本书配套的习题集画法几何部分中也安排了相应的习题。

本修订版着重加强了基本理论，注意了画法几何的科学性、系统性及逻辑性。在直线、投影变换及立体表面的展开三章中，还引入了解析的方法。

本修订版对第一版的水利工程图例作了充实和调整，增加了船闸及水电站厂房图；机械制图中公差配合采用了新标准，增加了零件测绘与部分表格；此外，还新增了计算机绘图简介、房屋建筑图及计算图三章。

目前我国水利制图标准有交通部颁布的《港口工程制图标准》及水电部颁布的《水利水电工程制图标准》，由于后者尚未出版，因此本书对该标准未能较全面地介绍。

本书在叙述上力求循序渐进，文字简练严谨，说理清晰，便于自学。对于说明基本作图方法的图例，仍适当采用分解图的形式。

与本书配合的有《画法几何及水利工程制图习题集》，供教学使用。

本书经高等学校工科制图教材编审委员会委托大连工学院张述庆同志及清华大学石光源、郇钟霞同志审阅，并在 1982 年 6 月召开的编审委员会昆明会议上复审通过。审阅人认真细致地对本书提出了不少宝贵意见，谨在此表示衷心的感谢。

参加本修订版编写工作的有(按章节顺序)：阎羽鹏、徐约素、赵渭钧、方庆、王秀英、戴毓棧、许良乾、李一鸣等，由方庆、徐约素担任主编。教研组许多同志担任了绘图等工作。在编写过程中，还得到我院 78 届制图师资班及印刷厂的大力支持，兄弟院校提出了不少宝贵意见，在此向他们表示感谢。

由于我们的水平有限,且时间仓促,本书一定有不少缺点错误,欢迎读者批评指正。

编者 1982 年 8 月于南京



目 录

第二版序

绪 论 1

第一章 制图基本知识 3

§ 1-1 基本制图标准 3

§ 1-2 制图工具及其使用 14

§ 1-3 几何作图 21

§ 1-4 平面图形的分析 27

§ 1-5 画图步骤和方法 28

第二章 投影的基本知识 33

§ 2-1 投影的形成和分类 33

§ 2-2 平行投影的基本性质 34

§ 2-3 工程上常用的四种投影图 35

§ 2-4 物体的三面正投影图 37

第三章 点 40

§ 3-1 点的两面投影 40

§ 3-2 点的三面投影 41

*§ 3-3 点在两投影面体系中各种位置的投影 43

*§ 3-4 点在三投影面体系中的投影 44

第四章 直线 46

§ 4-1 直线的投影 46

§ 4-2 直线在三投影面体系中的投影 47

§ 4-3 线段实长和倾角的求法 49

§ 4-4 直线上的点 50

§ 4-5 两直线的相对位置 52

§ 4-6 垂直两直线的投影 54

第五章 平面及平面立体 56

§ 5-1 平面的表示法 56

§ 5-2 各种位置平面的投影 58

§ 5-3 平面上的点和直线 61

§ 5-4 平面上的特殊位置直线 62

§ 5-5 平面立体 64

第六章 直线与平面、平面与平面的 相对位置 67

§ 6-1 平行问题 67

§ 6-2 相交问题 69

§ 6-3 垂直问题 74

§ 6-4 综合问题举例 76

第七章 投影变换 79

§ 7-1 概述 79

§ 7-2 变换投影面法 80

§ 7-3 旋转法(一)——绕投影面垂直 轴旋转 86

*§ 7-4 旋转法(二)——绕投影面平行 轴旋转 90

第八章 曲线和曲面 93

§ 8-1 曲线 93

§ 8-2 曲面概述 97

§ 8-3 直线面 99

§ 8-4 曲线面 108

§ 8-5 组合面 113

第九章 平面与立体相交及直线与立 体相交 116

§ 9-1 平面与平面立体相交 116

§ 9-2 平面与曲面立体相交 118

§ 9-3 直线与立体相交 121

第十章 立体表面相交 126

§ 10-1 两平面立体表面相交 127

§ 10-2 平面立体与曲面立体表面相交 128

§ 10-3 两曲面立体表面相交 129

第十一章 立体表面的展开 142

§ 11-1 概述 142

§ 11-2 棱锥和锥面的展开 142

§ 11-3 棱柱和柱面的展开 145

§ 11-4 不可展曲面的近似展开 147

§ 11-5 应用举例 150

*§ 11-6 用电算绘图法画展开图 153

第十二章 轴测投影 155

§ 12-1	轴测投影的基本知识	155	§ 16-1	钢筋的基本知识	235
§ 12-2	轴向变形系数和轴间角	156	§ 16-2	配筋图的表示法	237
§ 12-3	轴测图的画法	159	§ 16-3	配筋图的简化画法	239
§ 12-4	平行于坐标面的圆和回转体的轴测投影	165	§ 16-4	配筋图的阅读	241
*§ 12-5	轴测图上立体表面交线的求法及剖视表示法	170	第十七章	房屋建筑图	243
第十三章	标高投影	173	§ 17-1	房屋建筑图的图示特点	243
§ 13-1	标高投影的基本概念	173	§ 17-2	房屋建筑图的阅读	250
§ 13-2	直线和平面的标高投影	173	第十八章	机械制图	254
§ 13-3	曲面的标高投影	178	§ 18-1	零件图	259
§ 13-4	工程建筑物的交线	181	§ 18-2	零件的测绘	274
第十四章	投影制图	189	§ 18-3	几种常用件的画法	276
§ 14-1	组合体视图	189	§ 18-4	装配图	284
§ 14-2	各种视图	201	第十九章	计算机绘图简介	291
§ 14-3	剖视图和剖面图	203	§ 19-1	概述	291
§ 14-4	视图的综合运用	210	§ 19-2	绘图机	291
§ 14-5	第三角投影简介	213	§ 19-3	自动绘图机的绘图原理	294
第十五章	水利工程图	215	§ 19-4	HTJ-1855 自动绘图系统	295
§ 15-1	水工图的表达方法	215	§ 19-5	绘图程序的编制	298
§ 15-2	水工图的尺寸注法	222	第二十章	计算图	303
§ 15-3	水工图的一般分类	226	§ 20-1	概述	303
§ 15-4	水工图的阅读	228	§ 20-2	函数图尺的作法	303
§ 15-5	绘制水工图的一般步骤	234	§ 20-3	单线图的作法	306
第十六章	钢筋混凝土结构图	235	§ 20-4	列线图	308
			§ 20-5	含四个变量计算式的计算图	312
			附录		315

绪 论

一、本课程的任务及要求

在日常生活、学习和工作中,常常会遇到图,这是因为用图示的方法能形象地描绘事物,生动地交流思想。在工业生产和工程建设中,图更是用来反映设计思想、指导施工及制造不可缺少的工具。此外,建立在图示基础上的图解法,对解决生产、科研中所涉及的空间几何问题也有简便、快速、直观的优点。画法几何及工程制图是研究图示法和图解法的学科。画法几何以空间形体与平面图形之间的关系为研究对象,而工程制图则研究工程建筑物或机械的表达方法和绘图方法。

由于工程图在工程技术中具有重要作用,它被人们誉为“工程技术的语言”,而且是一种世界通用的国际语言。高等工科院校把画法几何及工程制图列为一门技术基础课,不仅因为学生必须具有绘图与读图的能力,而且还因为在培养学生空间想象、空间构思,以及正确地表达设计思想的能力方面,本课程所起的作用是其它课程难以代替的,而这些能力是高等工程技术人员应该具备的。因此,本课程的任务是为学生学习后继课程和进行规划、设计、施工、科研提供图示及图解的理论和方法;为培养工程技术人员的绘图、读图和空间想象能力打下理论与实践的基础。

学生在学习本课程时,应注意掌握如下的基本内容和基本技能。

1. 常用投影法的基本理论和作图方法: 点、线、面以及它们的从属、平行、相交、垂直关系的投影特点和作图方法; 空间定位及度量问题的图解方法。
2. 制图的基本知识: 表达建筑物或机械的方法和规定; 尺寸、技术要求等的标注方法和规定; 图例符号的画法; 几何作图法等。
3. 绘图的基本技能: 仪器绘图和徒手绘图的方法和技能。

二、发展概况

画法几何及工程制图的发展是和人类的生产实践密切相关的。几何学是由于丈量土地、兴修水利,以及天文、航海的需要而产生的,房屋的修建、生产工具的制造又促进了制图的发展。如在我国古代,由于农业生产发展的需要,对水利和天文的研究,促进人们创造了绘制地形图和星图的方法。营造技术也是我国发展较早的一项科学技术。宋代著名建筑家李诫于公元1100年编著成一本三十六卷的《营造法式》,概括了我国古代建筑技术上的成就和经验,其中有六卷是图册。图册中所采用的表达方法具有一定的科学性,便于绘制和按图制作。可见,在几何和制图方面,我国很早就有较高的水平。

十八世纪在英国工业革命和法国资产阶级革命的推动下,科学技术蓬勃发展。法国著名数学家加斯帕拉·蒙日于1795年发表了画法几何著作,创造了多面正投影法,并进行了严密的科学论证,从此,画法几何学成为几何学的一个独立的分支。多面正投影法为在平面上表示

空间形体提供了理论和方法,使得空间形体在平面上的投影能精确地反映其尺度,为工程制图奠定了理论基础,从而使画法几何及工程制图在工程技术部门获得广泛的应用。以后的一个多世纪内,画法几何及工程制图在应用中得到很大的发展。工程制图标准的研究和制定,使工程图逐步实现标准化,发展成为“工程技术语言”,也为使用自动绘图机绘工程图提供了条件。

二十世纪五十年代以来,随着工业生产精度的提高和电子计算机应用的普及,纯几何的方法已不能适应科学技术发展的需要,在画法几何中,对空间形体的图形与数量结合方面的研究已愈来愈受到重视。

三、本课程的特点及学习方法

学习要注意方法。只有了解课程的特点并掌握与之相应的学习方法,才能提高学习效率,避免走弯路。

1. 课程中的图示法、图解法和一些几何作图方法都是以初等几何的原理为基础的。因此,学习时应注意联系和运用几何方面的知识,这将有助于分析、理解,使课程易于掌握。

2. 本课程的一个很主要的内容是研究空间形体在平面上的投影规律。因此,在学习过程中要注意对空间形体的分析和注意进行空间形体与平面图形的反复联系。应该掌握“从空间形体到平面图形,再由平面图形想象空间形体”的学习方法。初学者可自作简单模型帮助理解。对于投影规律,切不可死记硬背,必须充分理解其空间情况,在理解的基础上记忆。

3. 本课程是一门实践性很强的课程。课程中没有复杂、高深的理论、公式,然而要运用这些理论去解决具体的几何问题却并不容易,这种投影作图技能只有通过系统的和一定份量的练习才能获得。由于这个特点,对本课程的学习不能单纯地阅读教材,而是要边看边动手,通过作图帮助理解和记忆。

4. 绘图技能的提高必须经过绘图的练习才能达到,但由于学时的限制,绘图作业的份量不可能很多,因此我们必须珍惜每一次的绘图练习机会。首先要明确绘图练习的要求不仅是为了完成一张合格的、高质量的图样,更重要的是通过绘图掌握正确的绘图方法,熟悉绘图仪器和工具的使用方法,熟悉制图标准。要注意不仅要求画得好,而且要求尽可能画得快,这样才能适应生产的需要。通过绘图还要注意养成一个工程技术人员应该具有的认真细致的工作作风。

第一章 制图基本知识

§ 1-1 基本制图标准

图样是工程界的共同语言,为了使工程图样达到基本统一,便于生产和技术交流,绘制工程图样必须遵守统一的规定,这个统一的规定就是制图标准。

我国目前正在执行的国家制图标准有:1974年颁布的机械制图国家标准,1973年颁布的建筑制图标准(GBJ1—73)和1975年交通部颁布试行的港口工程制图标准。水利水电工程制图标准即将颁布试行。

这里我们介绍一些最基本的制图标准。

一、图纸幅面及标题栏

为了便于图纸的装订、保管及合理地利用图纸,图纸幅面的大小应符合表1-1的规定:

表 1-1 图 纸 幅 面

幅面代号	0	1	2	3	4
标准尺寸(毫米)	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
开 数	整 张	对 开	四 开	八 开	十 六 开

注:必要时允许按有关制图标准增加图纸的长度和宽度。

无论图纸是否装订,都应画出图框,其尺寸见图1-1。图框左边距图纸边缘25毫米;图框其余三边距图纸边缘的尺寸:0~2号图纸为10毫米,3~5号图纸为5毫米。

在图框的右下角,应画一标题栏。标题栏内的项目、格式应根据实际工程的需要来制定。在本课程作业中,建议采用图1-2的格式。

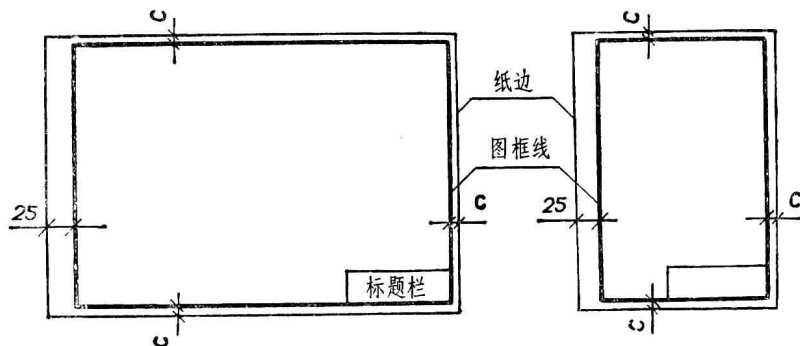


图 1-1

0~2号图纸, $c=10$ 毫米; 3~5号图纸, $c=5$ 毫米。

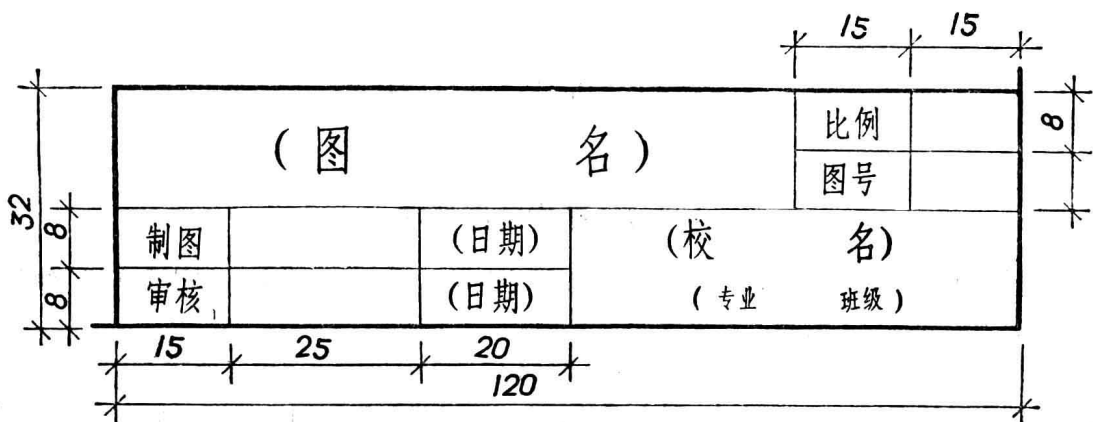


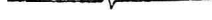
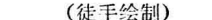
图 1-2

- 注: 1. 图中数字单位为毫米;
 2. 图框线和标题栏的外框线用粗实线, 标题栏内分格线用细实线(见图线部分);
 3. 标题栏内的字体: 图名用 10 号字, 校名用 7 号字, 其余用 5 号字(见字体部分)。

二、图线及其画法

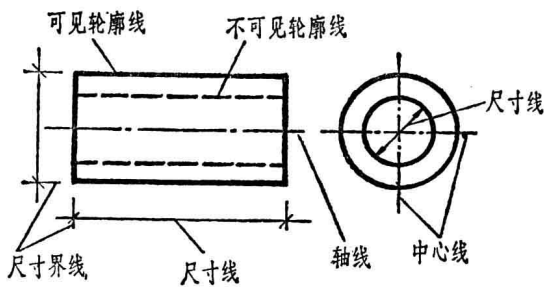
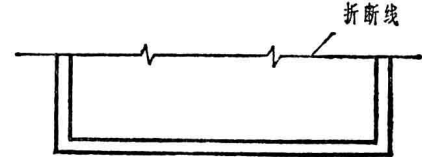
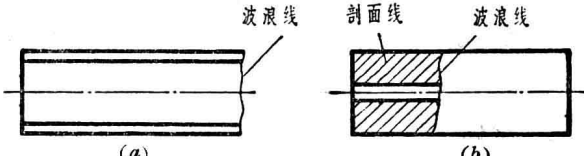
为了保证图样所表示的内容主次分明、清晰易看, 采用各种不同型式和粗细的图线, 分别表示不同的意义和用途。各种图线及其用途见表 1-2。图线用法举例见表 1-3。

表 1-2 图 线

图线名称	线 型	粗 细	主 要 用 途
粗 实 线		b	可见轮廓线
虚 线		$\frac{b}{2}$	不可见轮廓线
细 实 线		$\frac{b}{3}$ 或更细	尺寸线、尺寸界线、指引线、剖面线
点 划 线			轴线、中心线、对称线
双点划线			假想轮廓线
折断线			长距离断开线
波 浪 线	 (徒手绘制)		断开线

在同一张图纸上,同类图线的粗细应保持均匀一致。

表 1-3 图线用法举例

粗实线、虚线、细实线、点划线的用法。	
折断线的用法: 图形很大,只需画出一部分时,用折断线把画出的部分断开。	
波浪线的用法: 图形只需画出一部分(图 a) 或作局部剖切时,可用波浪线断开或分开(图 b)。	

图线的画法见表 1-4。

表 1-4 图线的画法

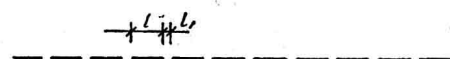
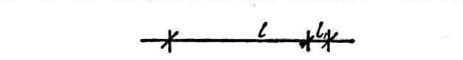
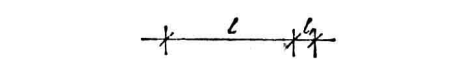
粗 实 线	粗实线的粗细“b”约为 $0.4 \sim 1.2$ 毫米,其具体粗细应根据图形的大小和复杂程度来决定。在本课程作业中,建议 $b \approx 0.8$ 毫米。 在水工图中,由于图线较多,次要轮廓线可采用中粗实线,其粗细约为 $b/2$。	
虚 线	虚线的线段长度应大致相等,间距也应力求一致。	 在本课程作业中,建议: l 约为 $4 \sim 6$ 毫米; l_1 约为 1 毫米。
点 划 线	点划线中的“点”是小短划,而不是点。 点划线的线段长度应大致相等,间距也应力求一致。	 在本课程作业中,建议: l 约为 20 毫米; l_1 约为 3 毫米。
双 点 划 线	双点划线中的“点”应是小短划,而不是点。	 在本课程作业中,建议: l 约为 20 毫米; l_1 约为 5 毫米。

图 线 相 交	各种图线相交时, 均应交于线段处, 不应交于空隙处。		
	虚线画在实线的延长线上时, 虚线的首尾应留空隙。		

三、字体

图上的汉字、数字、字母等都必须书写端正, 笔划清晰, 排列整齐, 间隔均匀。

字的大小见表 1-5。

表 1-5 字 的 大 小

字 号	10	7	5	3.5
高×宽(毫米)	10×7	7×5	5×3.5	3.5×2.5

1. 汉字

汉字应采用国家正式公布的简化字, 并宜用长仿宋体。

长仿宋体的特点是: 笔划挺直, 粗细一致, 钩长锋锐, 整齐秀丽。

长仿宋体字的基本笔划和写法见表 1-6。

表 1-6 长仿宋体字的基本笔划和写法

笔划名称	横	竖	撇	捺	点	挑	折	钩
基本笔划	一	丨	丿	㇏	丶	㇀	𠃍	乛
写 法	一	丨	丿	㇏	丶	㇀	𠃍	乛
字 例	三	川	千	作用	水运	小 宋	比江	日图利戈

学写仿宋字要注意以下几点:

(1) 基本笔划。横划平面略向右上方倾斜约 10° , 竖划要直, 起落笔多呈小三角形, 每笔一次写成, 不要涂描。

(2) 结构匀称。笔划在方格中布置均匀。

(3) 写满方格。为使字体大小整齐, 一般字四周都应有笔划顶到格线, 但外围是“口”字形的字应略缩格。

长仿宋体字例

10 号

枢纽总布置平面图水库机电排灌泵站厂房大重
力堆石土坝溢洪输水廊道控制分水河流系船
闸首阀门坞室码头防波堤公铁路工作拱桥台启
闭机调压集水井涵隧洞进出口渡槽渠道跌尾水
引航鱼滑道护坦消力池塘海漫铺盖挡土翼岸导
墙护坡垫底层沉陷温度伸缩施工缝回填挖土方
房屋仓库粗细部结构造通风排气孔检修理建筑
物设计技术最低正常死水位上下游标高程坡度
梁板墩中边支柱桩材料钢筋混凝粘土砖木干砌
块卵石灰砂浆沥青止水泥紫铜片东西南北左右
尺寸中心轴线附注一二三四五六七八九十零点

7 号

水利电力工大学院总平正俯侧剖视面图

5号

系专业治河川农水文施工海港建筑航道班级制图号比例单位毫米审核

2. 字母、数字

字母、数字一般均采用斜体字(向右倾斜约 75°)，如图 1-3。

(1) 汉语拼音字母

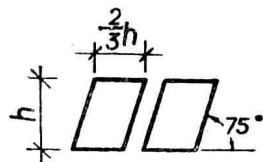
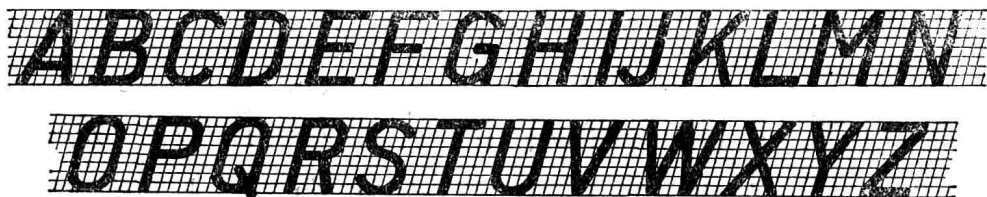
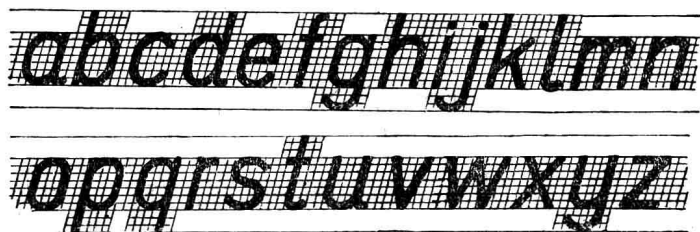


图 1-3

大 写 斜 体



小 写 斜 体



(2) 阿拉伯数字

斜 体



直 体



(3) 罗马数字

斜 体



四、比例

1. 什么是比例

工程建筑物的尺寸很大,不可能按它们的实际尺寸画图,需要按一定的比例缩小来画。有些机件的尺寸很小,又需要按一定的比例放大来画。

比例就是图上线段长度与实际线段长度之比,即

$$\text{比例} = \frac{\text{图上线段长度}}{\text{实际线段长度}}$$

2. 比例的标注

在工程图上必须注明比例,一般是注在图形名称的后边(或下边)。例如:

滚水坝 1:200

当一张图纸内所有图形都采用同一种比例时,应把比例注写在标题栏内。

3. 比例尺(三棱尺)

比例尺是画图时按比例量尺寸的工具。尺上有六种不同的比例刻度,单位是米(图 1-4)。

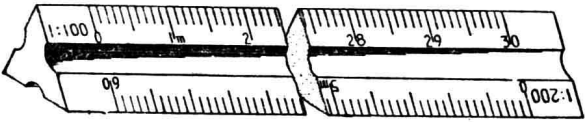


图 1-4

如尺上比例为 1:100 时,则尺上 1 厘米就代表实际长度是 100 厘米(即 1 米),所以在尺上距零点 1 厘米长的地方就刻上 1 米(1m)。

我们用比例尺上已有的比例画图时,就可以直接从尺上量取尺寸。

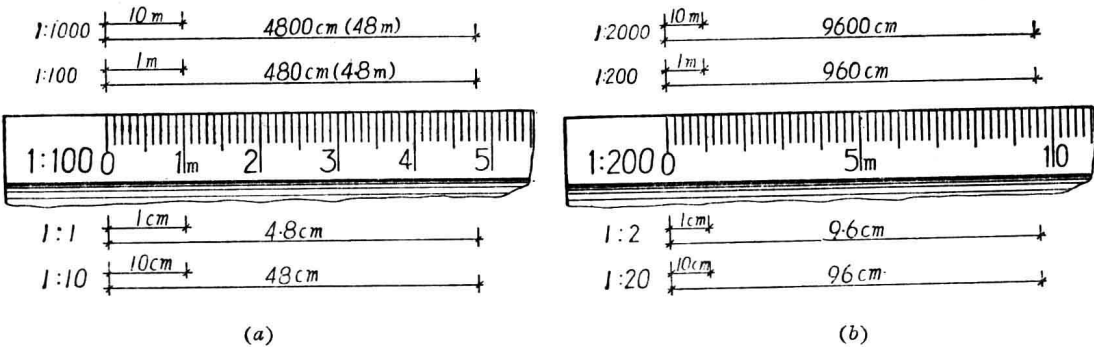


图 1-5 比例尺的读法

图 1-5(a)说明,在比例尺 1:100 刻度这一面,既可以直接读出 1:100 的尺寸,也可以读出 1:1、1:10 及 1:1000 等比例的尺寸。从图 1-5(b)也可看出,在 1:200 刻度一面,也可读出 1:2、1:20、1:200 及 1:2000 等比例的尺寸。

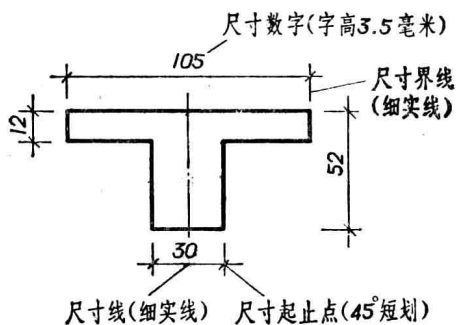
五、尺寸注法

图样除表示物体形状外,还须注出尺寸,以表示物体各部分的大小和相互位置。图上的尺寸是施工建造的重要依据,所以必须注写准确,清晰整齐。尺寸注法见表 1-7。

表 1-7 尺寸注法

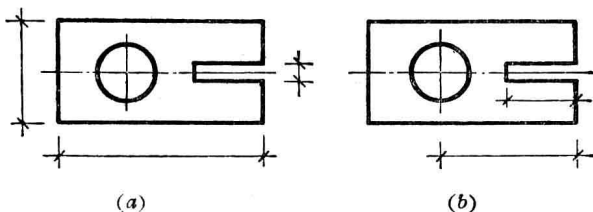
尺寸组成:

1. 尺寸界线;
2. 尺寸线;
3. 尺寸起止点;
4. 尺寸数字。



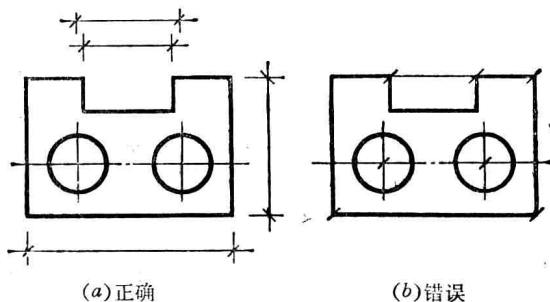
尺寸界线画法:

1. 尺寸界线一般应与被注线段垂直,并应适当超出尺寸线(图 a)。
2. 可以利用轮廓线、中心线(或轴线)作为尺寸界线(图 b)。



尺寸线画法:

1. 尺寸线应靠近并平行被注线段 (≥ 5 毫米), 且尽可能画在轮廓线的外边(图 a)。
2. 不能利用中心线(或轴线)和轮廓线(或其延长线)作尺寸线(图 b)。



3. 标注互相平行的尺寸时,应把小尺寸注在里边,大尺寸注在外边。

两平行尺寸线间的距离应不小于 5 毫米。

